

富山県入善町の海洋深層水アワビ養殖施設に出現した付着珪藻

著者	鈴木 秀和, 藤田 大介, 南雲 保
雑誌名	日本歯科大学紀要. 一般教育系
巻	34
ページ	55-62
発行年	2005-03-20
URL	http://doi.org/10.14983/00000604



富山県入善町の海洋深層水アワビ養殖施設に出現した付着珪藻

Attached diatoms occurred in an abalone culture facility using the deep-sea water
off Nyuuzen, Toyama Prefecture

青山学院高等部 鈴木 秀和
東京海洋大学 藤田 大介
歯学部 南雲 保

Hidekazu SUZUKI

*Aoyama Gakuin Senior High School, 4-4-25 Shibuya,
Shibuya-ku, Tokyo 150-8366, Japan*

Daisuke FUJITA

*Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology,
4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan*

and

Tamotsu NAGUMO

*Department of Biology, The Nippon Dental University,
1-9-20 Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8159, Japan*

(Received 26 November 2004; published 20 March 2005)

A floristic study on attached diatoms, occurred in an abalone culture facility using the deep-sea water (DSW) pumped from a depth of 384 m off Nyuuzen in Toyama Bay, revealed the presence of 21 species including 5 unidentified taxa in 12 genera. Among the identified 16 species, 9 species was common in attached diatom flora in another DSW facility in Namerikawa facing to the same bay. However, a few species seemed to be contaminations derived from shallow water species of seaweeds cultured using sub-cycled running DSW. Short morphologic and taxonomic comments were given for the following 5 species; *Navicula agnita*, *Navicula salinicola*, *Nitzschia dubiiformis*, *Nitzschia laevis*, and *Tabularia investiens*.

Key Index Words; attached diatom, deep-sea water, marine diatom, Toyama Bay.

海洋深層水は低温性、清浄性、富栄養性などの特性を示すため、近年取水が全国各地で盛んになっている。富山県では、1995年以降、滑川市にある富山県水産試験場で取水が行われているが、2001年には入善町でも取水が始まり、水産、食品および健康医療など多くの分野で研究や産業利用が行われている（富山湾深層水利用研究会 2001）。これらの施設で取水されているのはいわゆる日本海固有水で、世界の海洋深層水の中でも特に低温である。しかし、取水した海水を施設内でかけ流しておくとし着珪藻が繁茂することが知られており、太陽光もしくは室内照明灯のあたる場所では1週間ないし1カ月で、水槽、配管、床面、溝などが褐色

に色づく。これらの付着珪藻は、施設の管理面では汚損生物として厄介な存在であるが、水産利用では初期餌料生物のみならず医薬健康分野では医薬シーズとしても期待が寄せられている（富山湾深層水利用研究会 2001）。

著者らは、先に富山県水産試験場において海洋深層水が流水で使用されている飼育水槽などに繁茂する付着珪藻の種組成を調べ、13属16種と4未同定分類群を認めた（鈴木ら 2000）。本報では、富山県水産試験場の取水場所（水深321m）よりも富山湾の湾口に近く、深い水深（384m）から取水されている入善町の養殖施設における付着珪藻相の調査結果を報告する。

Table 1. Relative abundance of diatom taxa occurred in an abalone culture facility using the deep-sea water off Nyuuzen, Toyama Prefecture. The symbols are: rr; very rare (8%-), r; rare (14-8%), +; common (29-15%), c; abundant (49-30%), cc; very abundant (-50%).

T a x a	Sample numbers					
	476	477	478	479	480	481
Centrales						
<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) Agardh		rr	cc	rr	rr	rr
Pennales						
<i>Achnanthes longipes</i> Agardh				r		
<i>Achnanthes St. Pauli</i> (Kolbe) Kobayasi & Sawatari		rr				
<i>Achnanthes</i> sp.			rr		rr	
<i>Amphora helenensis</i> Giffen						rr
<i>Amphora</i> sp.	rr	rr		rr	rr	
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O. F. Müller) Hendey				rr		
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg var. <i>sutellum</i>	rr					rr
<i>Cocconeis shikinensis</i> Hid. Suzuki	rr					rr
<i>Licmophora</i> sp.		rr				
<i>Naviula agnita</i> Hustedt	+	+			rr	r
<i>Navicula directa</i> (W. Smith) Ralfs		rr				
<i>Navicula salinicola</i> Hustedt	rr	rr	rr	rr	rr	rr
<i>Nitzschia dubiiformis</i> Hustedt	rr	+	rr	rr		rr
<i>Nitzschia laevis</i> Hustedt	+	c	rr	+	rr	rr
<i>Nitzschia valdestriata</i> Hustedt			rr	rr	rr	
<i>Nitzschia</i> sp.	rr		rr	rr	rr	rr
<i>Pleurosigma</i> sp.		rr				
<i>Psammodictyon constrictum</i> (Gregory) D. G. Mann			rr			
<i>Stauronella decipiens</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		rr		rr	rr	rr
<i>Tabularia investiens</i> (W. Smith) Williams et Round	cc	rr	r	cc	cc	cc

材料と方法

入善町下飯野（富山県下新川郡）では延長3,308mの取水管（鉄線鍍装硬質ポリエチレン管、内径250mm）を用いて水深384mから2,400m²/日の海洋深層水を取水している。取水された海洋深層水は地下に設けられたポンプ室を経て活用施設（分水施設）やエゾアワビ *Nordotis discus hannai* Inoの養殖施設などに配水される。入善町海洋深層水の案内書によれば、同町で汲み上げている海洋深層水は、水温1-2℃、塩分34.1‰、硝酸態窒素0.35mg/l、全リン0.055mg/l、珪酸態珪素2.8mg/lで、沖合表層水（水温8-30℃、塩分33.0-34.0‰、硝酸態窒素0.04mg/l、全リン0.012mg/l、珪酸態珪素0.44mg/l）と比べて、低温で、塩分は変動幅が小さく、各栄養塩は高い値を示している。ただし、養殖施設内では水温を14℃まで加温して、4系統に分けて循環して飼育に用いている。

本研究で観察に用いた材料は上記の養殖施設で2004年1月22日に採取した。養殖施設では、飼育生物（由来）の違いによる付着珪藻繁茂種の異同を調べるために、海洋深層水をかけ流しただけの水槽（試料番号S-478）、愛媛県、岩手県、および富山県から購入したエゾアワビを飼育している各FRP水槽（3トン容、順に

試料番号S-479, S-480, S-481）、スサビノリ *Porphyra yezoensis* Ueda人工種苗と入善町産天然海藻数種（入善漁港より採集）を培養しているプラスチック製水槽（100リットル容、順に試料番号S-476, S-477）の壁面からピンセットで掻きとって採取した。このうち、エゾアワビの入った各水槽では、いずれも壁面の水面付近のみに付着珪藻のコロニーが認められたため、これを掻き取った。

種の同定、被殻形態および微細構造の観察は、試料を南雲(1995)や長田・南雲(2001)に準拠して処理し、光学および走査電子顕微鏡(SEM)を用いて行った。SEMはHITACHI S-5000(日本歯科大学)を使用した。本研究で用いた術語はAnonymus (1975)とRound *et al.* (1990)に準拠した。

結果と考察

一連の顕微鏡観察の結果、12属16種5未同定分類群の出現が認められた(Table 1)。その中でも特に *Tabularia investiens* (W. Smith) Williams *et* Round が高頻度で出現し、次いで *Nitzschia laevis* Hustedt が優占した。以下に優占した分類群および特徴的な分類群の形態や分類の知見を報告する。

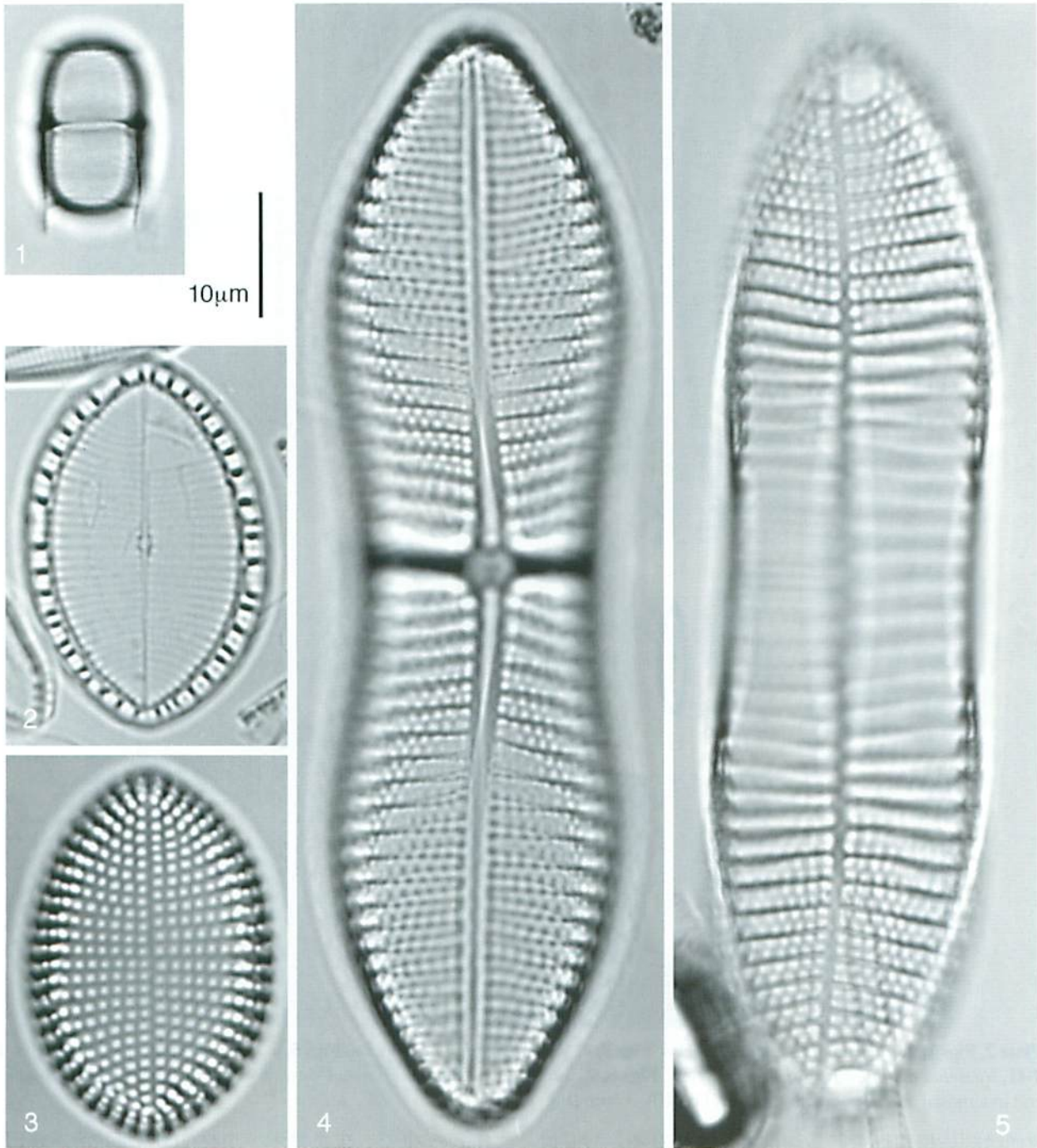


Plate 1. **Fig. 1.** *Melosira nummuloides*. Girdle view. **Figs 2, 3.** *Cocconeis scutellum*. **Fig. 2.** Raphid valve. **Fig. 3.** Araphid valve. **Figs 4, 5.** *Achnanthes longipes*. **Fig. 4.** Raphid valve. **Fig. 5.** Araphid valve.

Navicula agnita Hustedt, 1955, Bull. Duke Univ. Mar. Sta.

6: 27, pl. 9, figs 13-16. (Pl. 2, Figs 3, 4)

殻面は皮針形で、末端は小さく、少し丸みを帯びる。殻長は20.0-37.0 µm、殻幅は5.0-6.5 µm。縦溝は糸状で真っ直ぐ。軸域は狭い。条線は10µmに12-13本で、殻面中央でやや平行だが、殻端にいくにしたがい放射状になる。

本種はHustedt (1955)によりアメリカNorth Carolina

州のBeaufort海岸から新種記載された。本邦では鈴木・小林(2002)が北海道羅臼町産の紅藻フジマツモ *Neorhodomela aculeata* (Prestenko) Masuda上に着生しているのを確認している。

Navicula salinicola Hustedt, 1939, Abh. naturw. Ver Bremen 31: 638, figs 61-69; Simonsen, 1987, Hustedt's Diatom Types 1: 259, 2: pl. 381, figs 11-20. (Pl. 2, Figs 5, 6)

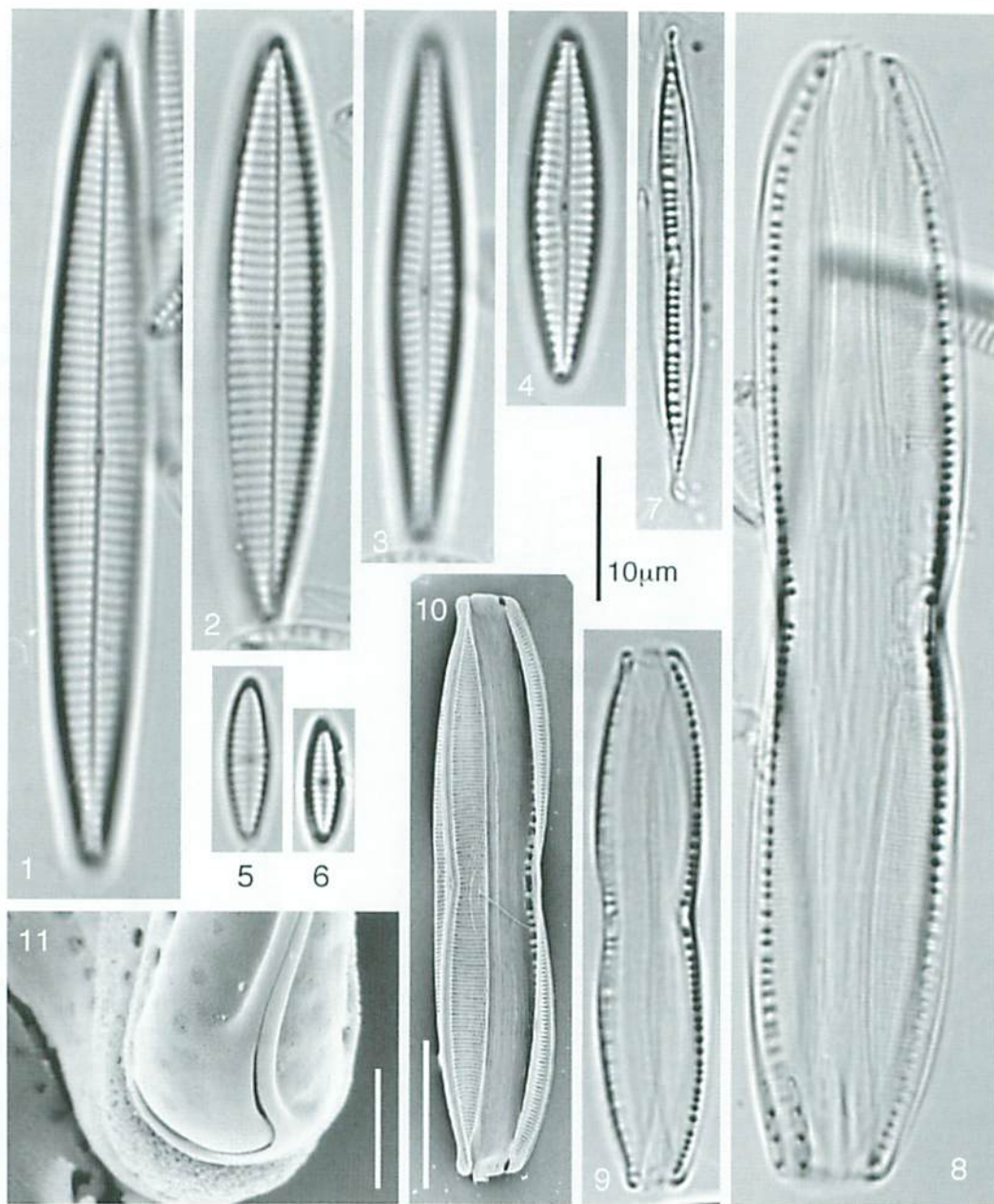


Plate 2. Figs 1, 2. *Navicula directa*. Valve views. **Figs 3, 4.** *Naviula agnita*. Valve views. **Figs 5, 6.** *Naviula salinicola*. Valve views. **Figs 7-11.** *Nitzschia dubiiformis*. **Fig. 7.** Valve view. **Figs 8, 9.** Girdle views. **Fig. 10.** External view of whole frustule. **Fig. 11.** Distal raphe end in terminal area. Scale bars = 10µm (Fig. 10), 0.5µm (Fig. 11).

殻面は細い楕円形で、殻端は丸みを帯びる。殻長は 9.0-12.0 µm、殻幅は 2.8-3.5 µm の小型の *Navicula*。条線は 10µm に 16-20 本で、殻面全体でほぼ平行に並ぶ。縦溝は真っ直ぐで、中心域は広く四角形。

本種は Hustedt (1939) により北海沿岸のドイツ Leybucht 湿地から新種記載された。その後、南アフリカの Natal 州の St. Lucia Lagoon から (Cholnoky 1960, 78, fig. 242) と Eastern Cape 州の Gulu Lagoon に流れ込む Yarra 川河口から (Giffen 1963, 242, pl. IV, figs 79, 80) の報告がある。本邦では、鈴木他(1999)が伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリ *Plocamium telfairiae* (Hooker et Harvey)

Harvey 上で、また鈴木・小林(2002)が北海道羅臼町産の紅藻フジマツモに着生しているのを確認している。

Nitzschia dubiiformis Hustedt, 1939, Abh. naturw. Ver Bremen **31**: 658, figs III, II2; Simonsen, 1987, Hustedt's Diatom Types **1**: 260, **2**: pl. 383, figs 1-7. (Pl. 2, Figs 7-11)

被殻は、殻帯面では四隅が丸くなり、中央部でわずかにくびれた長方形に近い外形を示す。殻帯部にやや不鮮明な多数の帯片を持つ(Pl. 2, Figs 8, 9)。殻は殻長が 37.0 - 78.0 µm、殻幅は 3.0 - 3.5 µm と細く、左右相称で、先端は突出し、頭状にくびれる(Pl. 2, Fig 7)。殻

面は竜骨(keel)を伴って凸面状に盛り上がる。竜骨の走行はほとんど真っ直ぐだが、中心節を中心として2回湾曲する。条線は平行で、非常に細かく10 μ mに33-36本の割合で配列するが(Pl. 2, Fig 10), 光顕レベルの区別は困難である。縦溝は殻端の外面で大きく曲がる極裂(terminal fissure)となる(Pl. 2, Fig 11)。

本種は Hustedt (1939)により北海沿岸のドイツ Leybucht 湿地の Hamburger 砂州から新種記載された。

Nitzschia laevis Hustedt, 1939, Abh. naturw. Ver Bremen **31**: 662, figs 116-118; Simonsen, 1987, Hustedt's Diatom Types **1**: 261, **2**: pl. 385, figs 10-18. (Pl. 3, Figs 1-9)

殻は幅の広い皮針形で、殻端はくさび形で頭突する。殻長は13.0 - 16.0 μ m, 殻幅は5.0 μ m。殻面は平らで *Psammodycyon* 属のように波打つことはない。条線はきわめて微細で光顕レベルの観察は困難である。10 μ mに30本の割合で配列し、殻の中央部では平行、殻端にいくにしたがい湾曲する。それぞれの条線は1列の丸い小さな胞紋からなる(Pl. 3, Figs 4, 7)。縦溝は中心節で2分され、一方の殻縁に偏り竜骨をなす。外裂溝の中央末端は同方向にわずかに曲がるが(Pl. 3, Fig 6), 殻端ではかき状に曲がる(Pl. 3, Fig 5)。内裂溝の中央末端は同軸上に広がらず(Pl. 3, Fig 9), 殻端では小さな蝸牛舌(helictoglossa)で終わる(Pl. 3, Fig 8)。

本種も前種と同じく Hustedt (1939)により北海沿岸のドイツ Leybucht 湿地の Hamburger 砂州から新種記載された。本邦では前種とともに初記載であるが、筆者らの調査(未発表)によると沿岸域に広く分布している。

N. laevis という名は、Frenguelli (1923)が Hustedt (1939)より早く、全く別の種類に付けている。また Frenguelli (1923)自身、その新種の記載文では *N. levis*, 図版では *N. laevis* としている。植物命名規約に則り、本種については新名を与えるべきだが、この問題に関しては未解決である。

Tabularia investiens (W. Smith) Williams et Round, 1986,

Diat. Res. **1**: 324, figs 39-45. (Pl. 4, Figs 1-7)

殻面は真っ直ぐな皮針形で、先端は丸みを帯びる。殻幅は3.0-4.0 μ mだが、殻長は13.5-66.0 μ mと変化に富む。条線は10 μ mに10-12、殻面から殻套まで連続する1個の胞紋となる(Pl. 4, Figs 4-7)。その形は楕円形で、縦の小肋が顕著な師板(cribra)によって閉塞される(Pl. 4, Figs 6, 7)。軸域は非常に幅広く、両殻端には顕著な大きな殻套眼域(ocellulimbus)が観察される(Pl. 4, Fig. 7の矢印)。また、両殻端の内面には唇状突起(rimoportula)

が観察される(Pl. 4, Figs 5, 6の矢尻印)。この唇状突起の外側開口部は、軸域上で中心線よりわずかに横にずれた位置に少し窪んだ状態で観察される(Pl. 4, Figs 4, 7の矢尻印)。

この *Tabularia* 属は、Kützing (1844)が設立した *Synedra* 属の亜属に由来し、Williams & Round (1986)が *Synedra barbatula* Kützing をタイプ種として属のランクに組み換えたものである(出井・南雲 1997)。さらに Williams & Round (1986)は、胞紋構造の違いから、本属を3つのタイプに分けている。本種は師板に発達した小肋を持つタイプに属する。

本種は、北海道釧路町で採集した紅藻クシベニヒバ *Ptilota filicina* J. Agardh 上から報告(南雲・田中 1994)がある他、伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリ(鈴木他 1999)や北海道羅臼町産の紅藻フジマツモ(鈴木・小林 2002)上からの報告がある。

今回の調査では、以上の分類群の他に中心目(Centrales)では *Melosira nummuloides* (Dillwyn) Agardh (Pl. 1, Fig. 1), 羽状目(Pennales)では *Achnanthes longipes* Agardh (Pl. 1, Figs 4, 5), *Achnanthes St. Pauli* (Kolbe) Kobayasi & Sawatari, *Achnanthes* sp., *Amphora helenensis* Giffen, *Amphora* sp., *Bacillaria paxillifer* (O. F. Müller) Hendey, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg var. *sutellum* (Pl. 1, Figs 2, 3), *C. shikimensis* Hid. Suzuki, *Licmophora* sp., *Navicula directa* (W. Smith) Ralfs (Pl. 2, Figs 1, 2), *Nitzschia valdestriata* Hustedt (Pl. 4, Figs 10, 11), *Nitzschia* sp. (Pl. 4, Fig. 12), *Pleurosigma* sp., *Psammodycyon constrictum* (Gregory) D. G. Mann, *Stauronella decipiens* (Hustedt) Lange-Bertalot (Pl. 4, Figs 8, 9)が観察された。

入善町の海洋深層水の中に付着珪藻が出現する理由として、海の表層から沈降した個体や増大胞子が取水口から深層水とともに取り入れられたか、陸上取水後に混入したことが考えられる。特に、後者の場合、表層海水、飼育生物あるいは大気中からの混入が懸念されるが、滑川市の富山県水産試験場と異なり、入善町の養殖施設では表層海水の取水・利用が行われておらず、表層海水による混入の可能性は低い。海産の付着珪藻については分類学や生態学が遅れているために、詳細は今後の研究を待たなければならないが、以下に若干の考察を行う。

今回、入善町の養殖施設から12属16種5未同定分類群の出現が認められたが、これは先に著者ら(鈴木ら 2000)が報告した富山県水産試験場の滑川深層水の場合

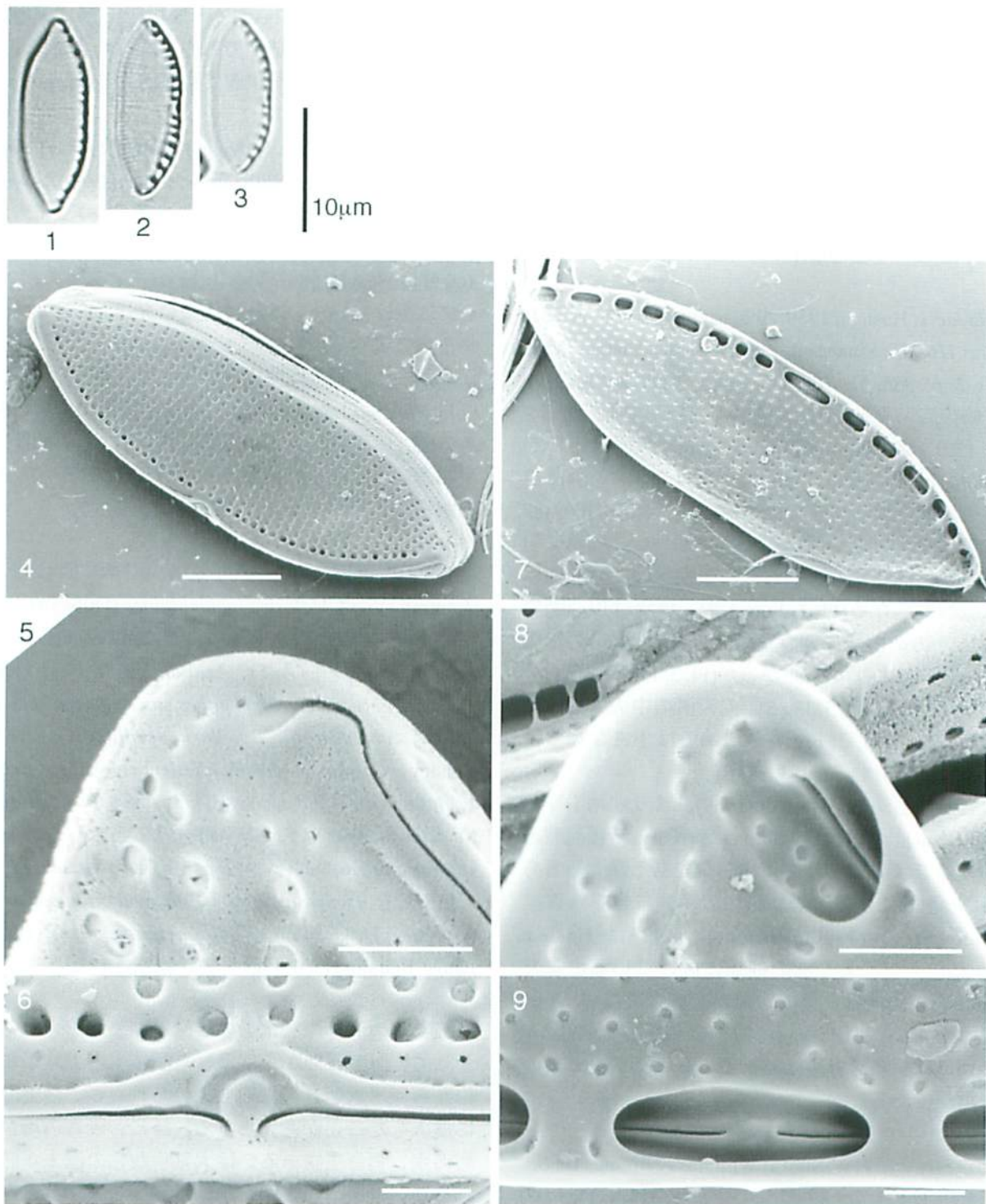


Plate 3. Figs 1-9. *Nitzschia laevis*. **Figs 4-6.** External views of valve. **Fig. 4.** Whole valve. **Fig. 5.** Distal raphe end in terminal area. **Fig. 6.** Proximal raphe ends in central area. **Figs 7-9.** Internal views of valve. **Fig. 7.** Whole valve. **Fig. 8.** Distal raphe end in terminal area. **Fig. 9.** Proximal raphe ends in central area. Scale bars = 5 μ m (Figs 5, 6, 8, 9), 3 μ m (Figs 4, 7).

合(13属16種4未同定分類群)とほぼ同様の種数である。ただし、同定済みの種のうち共通種は9種に留まった。今回、試料ごとに出現種の相対頻度を5段階で表示してみた(Table 1)が、少なくとも1試料において「普通」(15-29%),「多い」(30-49%),「極めて多い」(50%

以上)のいずれかにランクされたのは,*Melosira nummuloides*, *Navicula agnita*, *Nitzschia dubiiformis*, *Nitzschia laevis*および*Tabularia investiens*の5種で,「極めて多い」が記録された*Melosira nummuloides*と*Tabularia investiens*の2種のみが滑川深層水と共通で

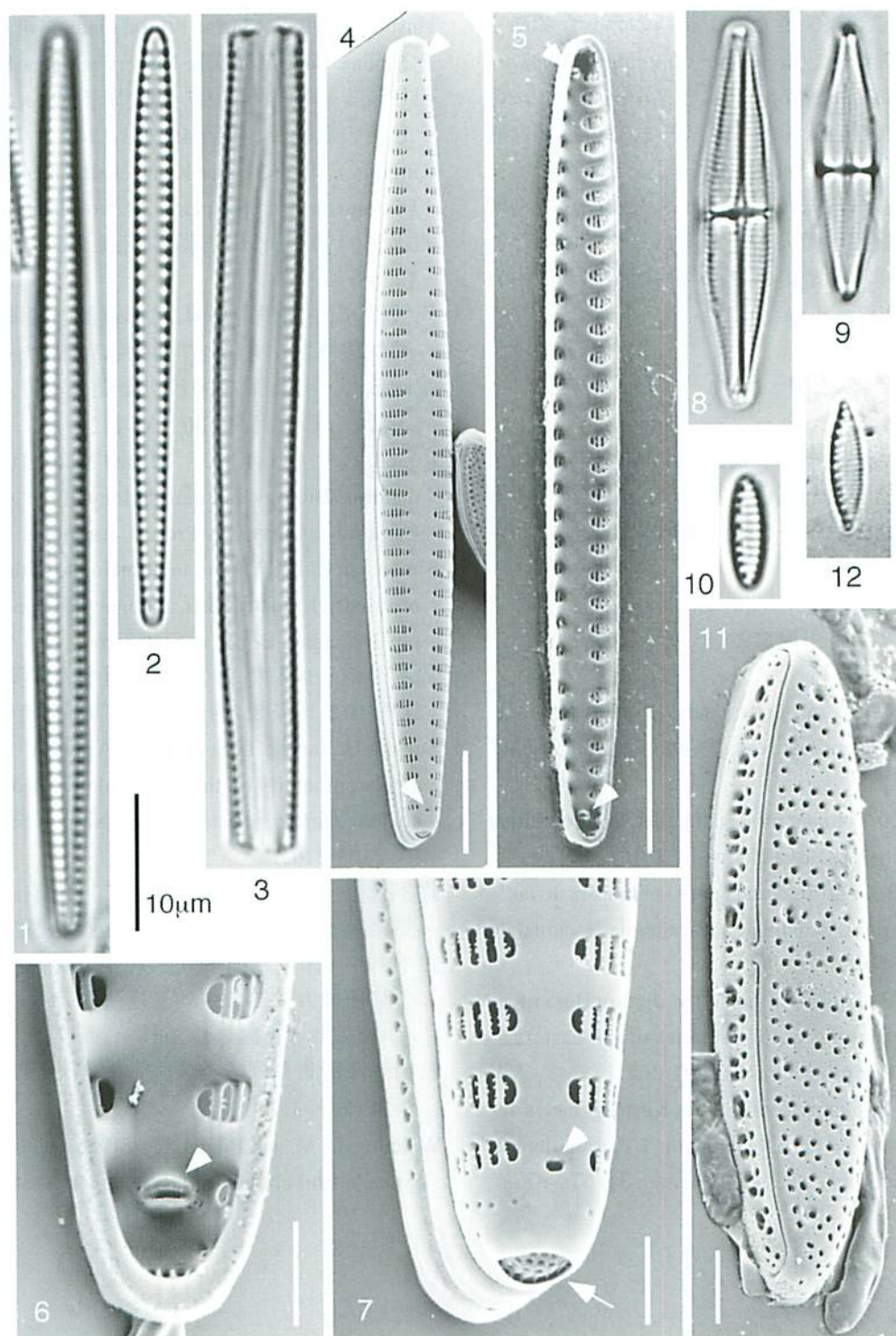


Plate 4. Figs 1-7. *Tabularia investiens*. Figs 1, 2. Valve views. Fig. 3. Girdle view. Fig. 4. External view of valve. Note two openings of rimoportulae (arrow heads). Fig. 7. Terminal area. Note ocellulimbus (arrow) and external opening of rimoportula (arrow head). Fig. 5. Internal view of valve showing two rimoportulae (arrow heads). Fig. 6. Terminal area. Note rimoportula (arrow head). Figs 8, 9. *Stauronella decipiens*. Valve views. Figs 10, 11. *Nitzschia valdestriata*. Fig. 10. Valve view. Fig. 11. External view of valve. Fig. 12. *Nitzschia* sp. Valve view. Scale bars = 5 μ m (Figs 4, 5), 1 μ m (Figs 6, 7, 11).

あった。この2種は、混入経路は不明ではあるが、富山湾の深層水と非常に相性のよい珪藻といえるであろう。

また、今回認められた種および分類群のうち、5種3分類群は1試料のみ、2種1分類群は2試料、1類は3試料、2種1分類群は4試料、2種1分類群は5試料、3類

は6試料すべてで観察できた。1試料のみしか認められなかった5種のうち、*Achnanthes longipes*, *Amphora helenensis*, *Bacillaria paxillifer*および*Navicula directa*の4種は滑川深層水で比較的多く認められているが、残りの1種*Achnanthes St. Pauli*と未同定3分類群のうち*Pleurosigma* sp.および*Licmophora* sp.は付着珪藻の他産する天然海藻の培養水槽のみから検出されていることから考えて、海洋深層水由来ではなく天然海藻に由来する可能性が極めて高い。

謝 辞

本研究は日本学術振興会平成14年度科学研究費補助金基盤研究(課題番号15570087)および公益信託ミキモト海洋生態研究助成基金平成14年度研究助成による研究の一部である。

引用文献

- Anonymous. 1975. Proposals for a standardization of diatom terminology and diagnoses. *Nova Hedwigia, Beiheft* **53**: 323-354.
- Cholnoky, B. J. 1960. Beiträge zur Kenntnis der Diatomeenflora von Natal (Südafrika). *Nova Hedwigia* **2**: 1-128.
- Frenguelli, J. 1923. Contribuciones para la sinopsis de las diatomeas Argenrinas. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* **18**: 13-119.
- Giffen, M. H. 1963. Contributions to the diatom flora of South Africa. I. Diatoms of the estuaries of the Eastern Cape Province. *Hydrobiologia* **21**: 201-265.
- Hustedt, F. 1939. Die Diatomeenflora des Küstengebietes der Nordsee vom Dollart bis zur Elbemündung I. *Abhandlungen, Naturwissenschaftlicher Verein zu Bremen* **31**: 572-677.
- Hustedt, F. 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. *Bulletin of Duke University Marine Station* **6**: 1-67.
- 出井雅彦・南雲保. 1997. 無縦溝珪藻 *Synedra* 属 (狭義の) とその近縁属. *藻類* **45**: 163-174.
- Kützinger, F. T. 1844. Die Kieselchaligen Bacillarien oder Diatomeen. 152pp + pls. 1-30. Nordhausen.
- 南雲保. 1995. 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom* **10**: 88.
- 南雲保・田中次郎. 1994. 北海道産の紅藻クシベニヒバ着生珪藻類. *国立科学博物館専報* **27**: 43-53.
- 長田敬五・南雲保. 2001. 珪藻研究入門. *日本歯科大学紀要 (一般教育系)* **30**: 131-142.
- Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. 747pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Simonsen, R. 1987. Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt **1** (Catalogue), 525pp., **2** (Atlas), 395 pls. J. Cramer, Berlin & Stuttgart.
- 鈴木秀和・小林敦. 2002. 北海道産の紅藻フジマツモに着生する珪藻類. *青山学院高等部研究報告* **25**: 62-77.
- Suzuki, H., Ioriya, T., Seki, T. and Aruga, Y. 1987. Change of algal community on the plastic plates used for rearing the abalone *Haliotis discus hannai*. *Nippon Suisan Gakkaishi* **53**: 2163-2167.
- 鈴木秀和・南雲保・藤田大介. 2000. 富山湾深層水で自然繁茂する付着珪藻. *富山県水産試験場報* **12**: 33-42.
- 鈴木秀和・田中次郎・南雲保. 1999. 伊豆諸島式根島産の紅藻ユカリに着生する珪藻類. *日本歯科大学紀要 (一般教育系)* **28**: 147-160.
- 富山湾深層水利用研究会. 2001. 21世紀の資源 富山湾深層水. 桂書房, 富山.
- Williams, D. M. and Round, F. E. 1986. Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Research* **1**: 313-339.